

## Detail



## Detail 2(1- 2)

**Publication No.** : 1020030032538 (20030426)

**Application No.** : 1020010064358 (20011018)

**Title of Invention** : DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS INCLUDING TITANIUM SILICALITE-2

**Document Code** : A

**IPC** : H01L 31/04

**Priority** :

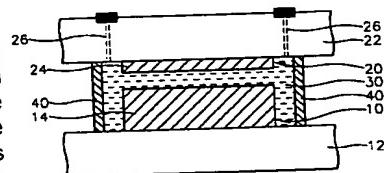
**Applicant** : ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE

**Inventor** : JANG, SUN HO , KANG, MAN GU , KIM, GANG JIN , PARK, NAM GYU

**Abstract :**

**PURPOSE:** A dye-sensitized solar cells including titanium silicalite-2 is provided to improve photo conversion efficiency by stabilizing a photocurrent characteristic while increasing photocurrent without reducing a photovoltage.

**CONSTITUTION:** A semiconductor electrode(10) includes a mixture layer(14) of a transition metal oxide and titanium silicalite-2. An electrolyte solution(30) is interposed between the semiconductor electrode and an electrode(20) confronting the semiconductor electrode. The semiconductor electrode is composed of a conductive transparent substrate and the mixture layer coated on the transparent substrate. The semiconductor electrode further includes a dye molecule layer chemically absorbed to the transition metal oxide.



© KIPO 2003

**Legal Status :**

1. Application for a patent (20011018)

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

**(51) Int. Cl.**  
**H01L 31/04**

**(11) 공개번호**  
**(43) 공개일자**

**특2003-0032538**  
**2003년04월26일**

**(21) 출원번호** 10-2001-0064358

**(22) 출원일자** 2001년10월18일

**(71) 출원인** 한국전자통신연구원

대한민국

305-350

대전 유성구 가정동 161번지

**(72) 발명자**

강만구

대한민국

305-345

대전광역시유성구신성동한울아파트110동203호

박남규

대한민국

305-340

대전광역시유성구도룡동383-2번지과기원교수아파트2동304호

장순호

대한민국

305-345

대전광역시유성구신성동한울아파트106동502호

김강진

대한민국

136-150

서울특별시성북구석관동두산아파트101동1504호

이영필

이해영

있음

**(74) 대리인**

**(77) 심사청구**

**(54) 출원명**

티타노실리칼라이트-2를 포함하는 염료감을 태양전지

#### 요약

염료감을 나노입자 산화물 태양전지에 관하여 개시한다. 본 발명에 따른 염료감을 태양전지는 전이금속산화물과 티타노실리칼라이트-2와의 혼합물층을 포함하는 반도체 전극과, 대향 전극과, 상기 반도체 전극과 대향 전극 사이에 개재된 전해질 용액을 포함한다.

#### 대표도

도1

#### 본인어

염료감, 태양전지, 이산화티탄, 티타노실리칼라이트

#### 본세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 염료감을 태양전지의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 염료감을 태양전지의 전류 전압 특성을 평가한 결과를 나타내는 그래프이다.

도 3은 본 발명에 따른 염료감을 태양전지에서 티타노실리칼라이트-2의 첨가량에 따른 광전류 변화를 나타낸 그래프이다.

도 4는 빛 조사 시간에 따른 광전류 특성을 평가한 결과를 나타내는 그래프이다.

#### 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

0: 반도체 전극, 12: 유리 기판, 14: 혼합물층, 20: 대향 전극, 22: 유리 기판, 24: 백금층, 26: 미세 구멍, 30: 전해질 용액, 40: 고분자층.

#### 도면의 상세한 설명

#### 발명의 목적

## 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술.

본 발명은 태양 전지에 관한 것으로, 특히 전이금속산화물 반도체 전극을 포함하는 염료감응 태양전지에 관한 것이다.

지금까지 알려진 종래의 염료감응 태양전지 중 대표적인 예로서 1991년 스위스의 그라젤(Gratzel) 등에 의하여 발표된 태양전지가 있다. 그라젤 등에 의한 광전기화학적 태양전지는 감광성 염료 분자와 나노입자 이산화티탄으로 이루어지는 산화물 반도체를 이용한 광전기화학적 태양전지로서, 기존의 실리콘 태양전지에 비하여 제조 단가가 저렴하다는 이점이 있으나, 에너지 변환 효율이 높은 태양 전지를 제조하는 것이 어렵다.

다른 종래의 염료감응 태양전지로서, 에너지 변환 효율을 증가시키기 위한 목적으로 나노입자 이산화티탄에 마이크로입자 크기의 이산화티탄을 첨가하여 구성된 산화물 반도체를 이용한 태양전지가 발표된 바 있다. 그러나, 이와 같은 태양전자는 광전류가 증가되는 효과는 얻을 수 있으나 광전압은 감소하는 것으로 알려져 있어 에너지 변환 효율을 향상시키는 데 한계가 있다.

## 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 상기한 종래의 문제점들을 해결하고자 하는 것으로, 제조 단가가 저렴하고, 우수한 에너지 변환 효율을 얻을 수 있는 염료감응 태양전지를 제공하는 것이다.

### 발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 염료감응 태양전지는 전이금속산화물을과 티타노실리칼라이트-2(titanium silicalite-2)와의 혼합물을 포함하는 반도체 전극과, 대량 전극과, 상기 반도체 전극과 대량 전극 사이에 개재된 전해질 용액을 포함한다.

상기 반도체 전극은 전도성 투명 기판과, 상기 투명 기판 위에 코팅되어 있는 상기 혼합물을층으로 이루어진다. 또한, 상기 반도체 전극은 상기 전이금속산화물에 화학적으로 흡착되어 있는 염료 분자층을 더 포함한다. 상기 염료 분자층은 루테늄 착체(錯體)로 이루어진다.

바람직하게는, 상기 전이금속산화물은 나노입자 이산화티탄으로 이루어진다.

또한 바람직하게는, 상기 혼합물을층 내에서 티타노실리칼라이트-2는 상기 전이금속산화물의 총 중량을 기준으로 5 ~ 20 중량%의 양으로 혼합되고, 상기 혼합물을층은 10 ~ 30 $\mu\text{m}$ 의 두께를 가진다.

상기 대량 전극은 전도성 투명 기판과, 상기 투명 기판 위에 코팅되어 있는 백금층으로 이루어질 수 있다.

본 발명에 따른 염료감응 태양전지는 안정된 광전류 특성을 얻을 수 있는 동시에 광전압의 감소 없이 광전류를 증가시킴으로써 종래 기술에 따른 태양 전지에 비하여 광 전환 효율을 향상시킬 수 있다.

다음에, 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

도 1은 본 발명에 따른 염료감응 태양전지의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 염료감응 태양전지는 반도체 전극(10)과, 대량 전극(20)과, 이를 사이에 개재되어 있는 전해질 용액(30)을 포함한다. 상기 반도체 전극(10)은 전도성 유리 기판(12), 예를 들면 ITO(indium tin oxide) 또는  $\text{SnO}_2$ 가 코팅되어 있는 투명한 전도성 유리 기판 위에 전이금속산화물과 티타노실리칼라이트-2가 혼합되어 이루어진 혼합물을층(14)이 코팅되어 있는 구성을 가진다. 상기 혼합물을층(14)을 구성하고 있는 상기 전이금속산화물은 약 5 ~ 30  $\mu\text{m}$ 의 나노사이즈를 가지는 나노입자 이산화티탄(nanocrystalline titanium dioxide)으로 이루어진다. 상기 혼합물을층(14) 내에 포함되는 상기 티타노실리칼라이트-2는 다공성 제올라이트의 일종으로서, 상기 혼합물을층(14) 내에서 상기 전이금속산화물의 총 중량을 기준으로 약 5 ~ 20 중량%의 양으로 혼합되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 혼합물을층(14)은 약 10 ~ 30 $\mu\text{m}$ 의 두께를 가지는 것이 바람직하다. 상기 혼합물을층(14) 내에서 전이금속산화물을 즉 나노입자 이산화티탄에는 루테늄 착체(錯體)로 이루어지는 염료 분자층이 화학적으로 흡착되어 있다.

상기 대량 전극(20)은 전도성 유리 기판(22), 예를 들면 ITO 또는  $\text{SnO}_2$ 가 코팅되어 있는 투명한 전도성 유리 기판위에 백금층(24)이 코팅되어 있는 구성을 가진다. 상기 대량 전극(20)의 백금층(24)은 상기 반도체 전극(10)의 혼합물을층(14)과 대량하도록 배치되어 있다.

상기 반도체 전극(10)과 상기 대량 전극(20) 사이의 공간에 채워져 있는 상기 전해질 용액으로서 0.8M의 1,2-디메틸-3-옥틸-이미다졸륨 아이오다이드 (1,2-dimethyl-3-octyl-imidazolium iodide)와 40mM의  $\text{I}_2$  (iodine)를 3-메톡시프로피오니트릴 (3-methoxypropionitrile)에 용해시킨  $\text{I}_3^-/\text{I}^-$ 의 전해질 용액을 사용할 수 있다.

다음에, 본 발명에 따른 염료감응 태양전지의 제조 방법을 설명한다.

특히 상기 반도체 전극(10)을 제조하기 위하여, 먼저 전이금속산화물과 티타노실리칼라이트-2가 혼합되어 있는 혼합물을 제조한다. 이를 위하여, 티타늄(IV)이소프로록사이드와 아세트산을 사용하여 220°C로 유지되는 오토클레이브에서 수열합성(hydrothermal synthesis) 방법에 의하여 이산화티탄 콜로이드 용액을 합성한다. 얻어진 용액 내에서 이산화티탄의 함량이 10 ~ 15부피%로 될 때까지 합성된 이산화티탄 콜로이드 용액으로부터 용매를 증발시켜 약 5 ~ 30  $\mu\text{m}$ 의 나노사이즈를 가지는 나노입자 이산화티탄 콜로이드 용액을 얻는다. 그 후, 얻어진 콜로이드 용액에 마이크로입자 사이즈의 티타노실리칼라이트-2를 첨가한다. 이 때, 티타노실리칼라이트-2의 첨가량은 나노입자 이산화티탄의 총 중량을 기준으로 약 5 ~ 20중량%가 되도록 한다. 상기와 같이 첨가되는 티타노실리칼라이트-2는 다음과 같은 방법으로 얻어질 수 있다. 먼저, 테트라쿠틸암모늄하이드록사이드 (tetrabutylammonium hydroxide)를 빼대 물질로 사용하여 테트라에틸오르소실리케이트 (tetraethylorthosilicate)와, 테트라부틸오르소티타네이트 (tetrabutylorthotitanate)를 175°C로 유지되는 오토클레이브에서 24시간 동안 반응시켜 결정화한다. 얻어진 결정을 여과하고 세척한 후, 500°C로 유지되는 전기로에서 가열한다. 이와 같은 방법으로 제조된 티타노실리칼라이트-2는 나노입자 이산화티탄 용액에 첨가되었을 때 균일한 분포로 잘 혼합될 수 있다.

상기와 같은 방법으로 얻어진 이산화티탄과 티타노실리칼라이트-2의 혼합 용액에 폴리에틸렌글리콜과 폴리에틸렌옥사이드를 이산화티탄의 총 중량을 기준으로 약 30 ~ 50 중량%의 양으로 첨가하여 점성이 있는 이산화티탄/티타노실리칼라이트-2 혼합물을 완성한다.

상기와 같이 얻어진 혼합물을 ITO 또는  $\text{SnO}_2$

가 코팅되어 있는 투명한 전도성 유리 기판(12) 위에 약 10 ~ 30 $\mu$ m의 두께로 코팅한 후, 약 450 ~ 550°C의 온도로 가열하여 유기 고분자를 제거하고, 나노입자 산화물들간의 접촉 및 충진이 이루어지도록 한다. 이산화티탄/티타노실리칼라이트-2 혼합물이 코팅되어 있는 상기 유리 기판(12)을 루테늄 핵체로 이루어지는 염료 용액 내에 24시간 이상 담그어둠으로써 염료가 코팅된 상기 혼합물층(14)을 포함하는 음극을 완성한다.

양극인 상기 대량 전극(20)을 형성하기 위하여, ITO 또는 SnO<sub>2</sub>가 코팅되어 있는 투명한 전도성 유리 기판(22) 위에 백금층(24)을 코팅한다.

그 후, 양극과 음극을 조립할 때에는 양극 및 음극에서 전도성 표면이 한쪽으로 오도록 하여 상기 백금층(24)과 상기 혼합물층(14)이 대향되도록 한다. 이 때, 양극과 음극 사이에 예를 들면 SURLYN (Du Pont사제의 상품명)으로 이루어지는 약 30 ~ 50 $\mu$ m 두께의 고분자층(40) 놓고 약 100 ~ 140°C의 가열판상에서 약 1 ~ 3기압으로 상기 두 전극을 밀착시킨다. 열 및 압력에 의하여 상기 고분자층(40)이 상기 두 전극의 표면에 강하게 부착된다. 상기 두 전극이 부착된 후, 상기 양극에 형성된 미세 구멍(26)을 통하여 상기 두 전극 사이의 공간에 전해질 용액(30)을 채워 넣는다. 상기 전해질 용액(30)으로서 상기 설명한 바와 같은 물질을 사용할 수 있다. 상기 전해질 용액(30)이 다 채워진 후, SURLYN과 얇은 유리를 순간적으로 가열함으로써 상기 미세 구멍(26)을 막는다.

상기와 같은 방법으로 제조된 본 발명에 따른 염료감응 태양전지의 광전환 효율을 평가하기 위하여 다음과 같은 방법으로 광전압 및 광전류를 측정하였다.

광원으로는 제논 램프 (xenon lamp, Oriel, 91193)를 사용하였으며, 상기 제논 램프의 태양 조건(AM 1.5)은 표준태양전지 (Frunhofer Institute Solare Energiessysteme, Certificate No. C-ISE369, Type of material: Mono-Si + KG filter)를 사용하여 보정하였다.

도 2는 본 발명에 따른 염료감응 태양전지의 전류 전압 특성을 평가한 결과를 나타내는 그래프이다. 도 2의 결과로부터, 음극을 구성하는 반도체층으로서 나노입자 이산화티탄에 티타노실리칼라이트-2 ("TS-2"로 표시함)를 첨가한 경우 (2), (3) 및 (4)는 나노입자 이산화티탄만을 사용하고 티타노실리칼라이트-2를 혼합하지 않은 경우 (1)에 비하여 광전류가 증가된 것을 확인할 수 있다. 광전류의 증가는 이산화티탄에 흡착된 염료가 빛을 흡수하여 여기된 염료 분자가 이산화티탄의 전도대에 전자를 주입하는 과정에서 빛의 산란에 의하여 염료의 빛 흡수가 증가하기 때문이다.

도 3은 티타노실리칼라이트-2의 첨가량에 따른 광전류 변화를 나타낸 그래프이다. 티타노실리칼라이트-2의 첨가량을 각각 이산화티탄의 총 중량을 기준으로 5중량%, 10중량% 및 15중량%로 하여 음극을 형성하였을 때, 각각의 경우 제조된 염료감응 태양전지에 대하여 티타노실리칼라이트-2의 증가량에 따른 광전류 변화를 측정하여 본 바, 티타노실리칼라이트-2의 증가량에 따라 광전류가 증가하다가 상기 첨가량이 일정치를 초과하면 광전류가 다시 감소하는 것으로 나타났으며, 티타노실리칼라이트-2의 첨가량이 10중량%일 때 최적의 결과를 나타내었다. 이와 같은 현상이 나타나는 이유를 설명하면 다음과 같다. 즉, 마이크로입자 크기의 티타노실리칼라이트-2의 첨가량이 증가함에 따라 태양전지에 입사된 빛의 산란이 증가됨과 동시에 이산화티탄의 분율이 감소되어 그 표면적이 감소된다. 이로 인하여 이산화티탄의 표면에 흡착되는 염료의 양도 감소되고, 그 결과로서 광전류가 감소되는 것으로 판단된다. 이와 같은 이유로 인하여 티타노실리칼라이트-2의 최적 첨가량이 존재하게 되는 것이다.

일반적으로, 나노입자 이산화티탄에 마이크로입자의 이산화티탄을 첨가하여 제조된 음극을 가지는 종래의 태양전지에서는 광전류는 증가하나 광전압은 감소되는 것으로 알려져 있다. 그러나, 본 발명에 따른 염료감응 태양전지에서와 같이 나노입자 이산화티탄에 티타노실리칼라이트-2를 첨가한 경우에는 그 첨가량 변화에 관계없이 일정한 광전압이 얻어지는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과가 얻어지는 이유는 전극의 표면에너지 상태와 관계가 있는 것으로 판단된다. 즉, 비교적 큰 입자 크기를 가지는 티타노실리칼라이트-2를 나노입자 이산화티탄에 첨가하면 전극의 표면적 감소에 따른 재결합 에너지 상태의 감소로 인하여 광전압이 증가하는 효과가 얻어진다. 그러나, 다른 한면으로는 티타노실리칼라이트-2의 첨가량이 증가함에 따라 이산화티탄의 표면적 감소 효과 및 그로 인한 흡착 염료의 감소 효과로 인하여 전도대의 전자 밀도가 감소되고, 그 결과 광전압이 감소되는 결과를 예측할 수 있다. 결과적으로, 광전압을 증가시키는 데 기여하는 표면 결합 감소와, 광전압을 감소시키는 데 기여하는 염료 흡착량 감소가 동시에 발생됨으로써 이들 두 요인이 상호 상쇄되어 티타노실리칼라이트-2의 첨가량 증가에 따라 광전압은 감소 없이 일정하게 유지되는 것이다.

도 4는 빛 조사 시간에 따른 광전류 특성을 평가한 결과를 나타내는 그래프이다. 도 4의 결과로부터, 빛 조사 시간에 따라 안정된 광전류 특성이 걸어지는 것을 알 수 있다.

기와 같이, 본 발명에 따른 염료감응 태양전지에서는 빛 조사 시간에 따라 안정된 광변환 특성을 가지면서, 종래 기술에 따른 태양전지에 비하여 광전압은 일정하게 유지됨과 동시에 증가된 광전류가 얻어짐으로써, 태양 빛으로부터 전기 에너지로 변환시키는 광 전환 효율 즉 에너지 변환 효율이 향상될 수 있음을 알 수 있다.

이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형이 가능하다.

## 57) 청구의 범위

### I구항 1.

1) 이금속산화물과 티타노실리칼라이트-2(titanium silicalite-2)와의 혼합물층을 포함하는 반도체 전극과,

### I구항 2.

2) 기 반도체 전극과 대량 전극 사이에 개재된 전해질 용액을 포함하는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지.

### I구항 3.

제1항에 있어서, 상기 반도체 전극은 전도성 투명 기판과, 상기 투명 기판 위에 코팅되어 있는 상기 혼합물층으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 영료감응 태양전지.

#### 청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 반도체 전극은 상기 전이금속산화물에 화학적으로 결착되어 있는 염료 분자층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 영료감응 태양전지.

#### 청구항 4.

제3항에 있어서, 상기 염료 분자층은 루테늄 칙체(錯體)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 영료감응 태양전지.

#### 청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 전이금속산화물은 나노입자 이산화티탄으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 영료감응 태양전지.

#### 청구항 6.

제1항 내지 제5항중 어느 한 항에 있어서, 상기 혼합물층 내에서 티타노실리칼라이트-2는 상기 전이금속산화물의 총 중량을 기준으로 5 ~ 20 중량%의 양으로 혼합되어 있는 것을 특징으로 하는 영료감응 태양전지.

#### 청구항 7.

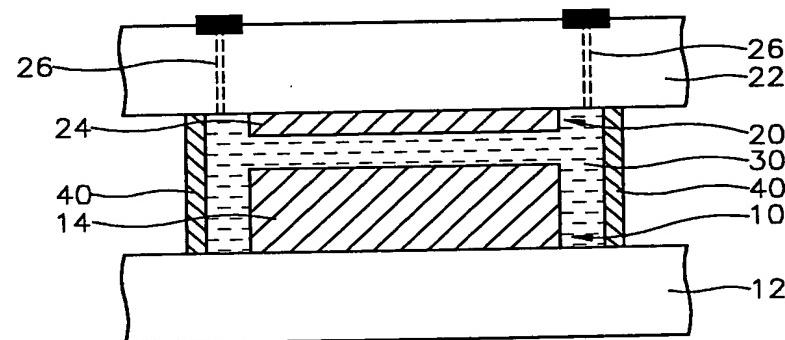
제1항 내지 제5항중 어느 한 항에 있어서, 상기 혼합물층은 10 ~ 30 $\mu\text{m}$ 의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 영료감응 태양전지.

#### 청구항 8.

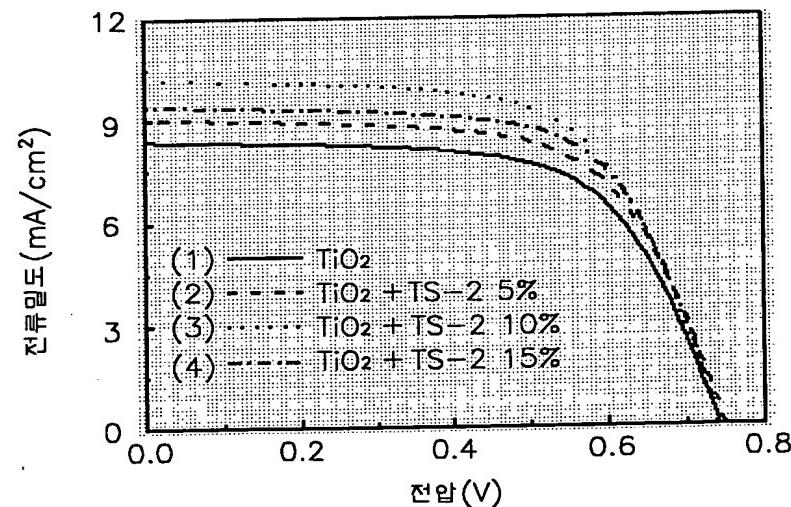
제1항에 있어서, 상기 대형 전극은 전도성 투명 기판과, 상기 투명 기판 위에 코팅되어 있는 백금층으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 영료감응 태양전지.

#### 도면

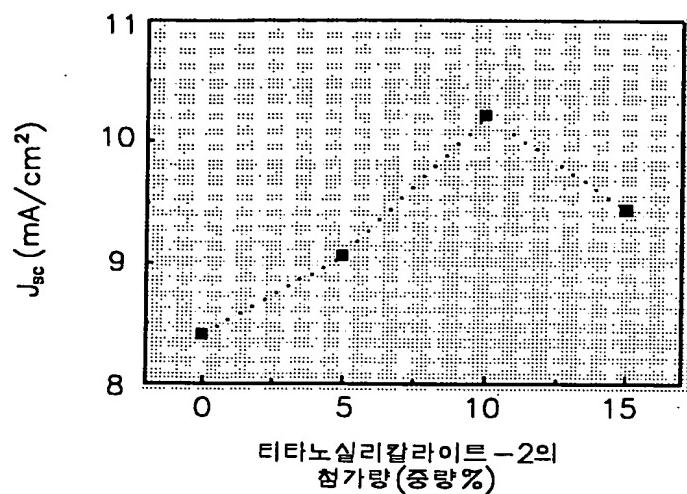
##### 도면 1



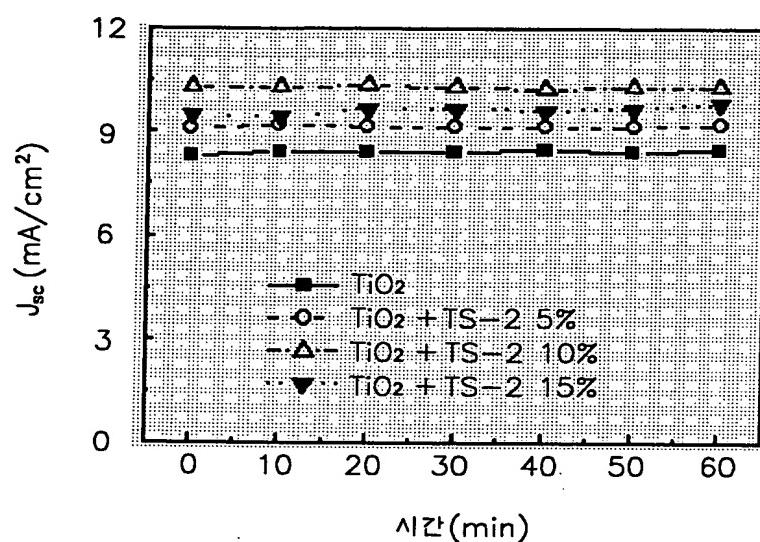
##### 도면 2



도면 3



도면 4



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. H01L 31/0256	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특2001-0111379 2001년12월17일
(21) 출원번호 10-2000-0032002		
(22) 출원일자 2000년06월10일		
(71) 출원인 한국전자통신연구원, 오길록 대한민국 305-350 대전 유성구 가정동 161번지		
(72) 발명자 박남규 대한민국 305-340 대전광역시유성구도룡동383-2번지과기원교수아파트2-304 장순호 대한민국 305-345 대전광역시유성구신성동한울아파트109-1303		
(74) 대리인 특허법인 신성 최종식 정지원 있음		
(77) 심사청구 (54) 출원명 루타일 산화티타늄 슬러리를 이용한 나노입자 루타일산화티타늄 필름 형성 방법 및 영료감응 나노입자 루타일산화티타늄 태양전지 제조 방법		

**요약**

본 발명은 나노입자 루타일(rutile) 산화티타늄( $TiO_2$ )을 이용한 영료감응 태양전지 제조에 관한 것으로, 실온에서 사염화티타늄( $TiCl_4$ )을 가수분해하여 루타일 구조의 산화티타늄 분말을 얻은 다음, 산화에틸렌고분자(poly ethylene oxide) 및 에틸렌글리콜고분자(poly ethylene glycol)가 혼합된 수용액에 재 분산시키고, 불소가 도핑된 투명 전도성 유리 기판에 코팅한 다음, 공기 중에서 열처리하여 10  $\mu m$  내지 12  $\mu m$  두께의 균열이 없는 루타일 산화티타늄 후막 필름을 제조하고, 루테늄계 영료분자가 용해되어 있는 용액 중에 열처리된 필름을 함침하여 영료분자가 산화를 표면에 흡착된 루타일 산화티타늄 전극을 제조한 다음, 열가소성 고분자를 이용하여 플라티늄(Pt) 박막 전극과 접합시킨 후, 모세관 현상을 이용하여 두 전극 사이에 요오드계 산화-환원 액체전해질을 주입하여 태양전지를 제조한다. 이에 따라 균열이 없는 나노입자 루타일 산화티타늄 후막 필름을 영료감응 태양전지의 전극으로 사용하는 것이 가능하여 태양전지의 제조원가를 절감시킬 수 있다.

**대표도**

도2

**색인어**

나노입자, 나노결정, 루타일, 산화티타늄, 사염화티타늄, 필름, 영료감응, 태양전지, 광전기화학

**명세서****도면의 간단한 설명**

도 1은 일반적인 영료감응 태양전지의 작동원리를 설명하기 위한 개략도,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 나노입자 루타일 산화티타늄 후막 필름 제조 공정 순서도,

도 3a는 사염화티타늄 가수분해에 의해 얻어진 루타일 산화티타늄 분말의 주사현미경 사진,

도 3b는 본 발명의 실시예에 따라 형성된 루타일 산화티타늄 필름의 주사전자현미경 사진,

도 4a 내지 도4f는 본 발명의 실시예에 따른 영료감응 나노입자 루타일 산화티타늄 태양전지 제조 공정도,

도 5는 본 발명에 따라 형성된 영료감응 루타일 산화티타늄 태양전지의 AM 1.5 조건에서 얻은 전류-전압 곡선도.

**도면의 주요부분에 대한 도면 부호의 설명\***·0A: 제1 유리기판                  41:  $SnO_2$  투명전도층

·2: 루타일 산화티타늄 필름                  43: 영료분자

44: 티타늄막

45: 대전국

#### 46: 열가소성 고분자 필름

## 발명의 상세한 설명

설명의 목적

## 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 광전기화학적 작동원리에 의해 태양에너지를 전기에너지로 변환시키는 염료감응 태양전지의 제조에 관한 것으로, 특히 루타일 산화 티타늄 분말을 이용한 나노입자 루타일 산화티타늄 후막 필름 형성 방법 및 그를 이용한 염료감응 나노입자 루타일 산화티타늄 태양전지 제조 방법에 관한 것이다.

1991년도 스위스 국립 로잔 고등기술원(EPFL)의 마이클 그라.nanoSolar  
젤(Michael Gratzel) 연구팀에 의해 염료감응 나노필사 산화티타늄(아나티제 구조)  
태양전지가 개발된 이후 이 분야에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 염료감응 태양전지는 기존의 p-n형 태양전지에 비해 제조단가가 낮으면서  
에너지 변환 효율이 높기 때문에 기존의 비정질 실리콘 태양전지를 대체할 수 있는 가능성을 가지고 있다. 실리콘 태양전지와 달리, 염료감응  
전기화학적 태양전지이다.

도 1은 본 발명에 관련된 일반적인 염료감응 태양전지의 작동원리를 보여주는 설명도로서, 표면에 염료분사(도시 하지 않음)가 화학적으로 증발된 n-형 나노입자 반도체 산화물 전극(11)에 태양빛이 흡수되면 염료분자는 기저상태(D+/D)에서 여기상태(D+/D\*)로 전자 전이하여 전자-흡수 쌍을 이루며, 여기상태의 전자(e<sup>-</sup>)는 반도체 산화물의 전도띠(conduction band, Ecb)로 주입된다. 반도체 산화물 전극(11)으로 주입된 전자는 외부 전선(13)을 통하여 반도체 산화물 전극(11)에 접하고 있는 투명 전도성막(12)으로 전달되고, 투명 전도성막(12)에 연결된 외부 전선(13)을 통하여 플라티늄 대전극(counter electrode, 14)으로 이동된다. 상기 대전극(14)과 반도체 산화물 전극(11) 사이에는 산화-환원 전해질(15)이 주입되고, 상기 투명 전도성막(12)과 대전극(14)에는 부하(L)가 직렬 연결되어 단락전류, 개방전압, 충실히 등을 측정함으로써 전지의 효율을 알 수 있다.

상기와 같이 광흡수에 의한 전자전이 결과로 산화된 염료분자( $D \rightarrow D(+)$ )는 산화-환원 전해질(15) 내의 요오드 이온의 산화( $I_3(-1) \rightarrow I_3(-1) + 2e^-$ )에 의해 제공되는 전자를 받아 다시 환원되며,  $I_3(-1)$  이온은 플라티늄 대전극(14)에 도달한 전자( $e^-$ )에 의해 다시 환원되어 염료감을 태양광에 의해 작동 과정이 완성된다. 광전류는 반도체 산화물 전극(11)으로 주입된 전자의 확산에 의한 결과로써 얻어지며, 광전압은 반도체 산화물의 폐리미 에너지(EF)와 전해질의 산화-환원 전위의 차이에 의해 결정된다.

태양전지의 에너지 변환 효율은 광흡수에 의해 생성된 전자의 양에 비례하기 때문에 많은 양의 전자를 생성하기 위해서는 염료분자의 흡착량을 증가시켜야 한다. 따라서, 단위면적당 흡착된 염료분자의 농도를 증가시키기 위해서는 전이금속 산화물 입자를 나노 크기로 제조할 것이 요구된다. 이러한 나노입자 제조기술은 염료감을 태양전지를 제조하는데 있어 매우 중요한 핵심기술 중의 하나이다.

영료감을 태양전지의 전극재료로서 다양한 전이금속 산화물이 연구되어 왔지만, 종래 이용되는 전이금속 산화물은 에너지 변환효율이 매우 낮았다. 이는 영료분자와 산화물 표면의 화학결합이 용이하지 못하여 많은 양의 영료분자의 축착을 유도하지 못하였거나, 전도띠에너지 준위가 높았기 때문이다. 이는 영료분자에 생성된 전자를 주입하기 유리한 위치에 있지 못한 이유 때문이다.

따라서 염료감을 태양전지를 구성하는 전이금속 산화물은 나노입자 크기를 가져야 할 뿐만 아니라 염료분자와의 결합이 용이하면서 적절한 전도띠에너지 준위를 가질 수 있어야 한다.

기존의 염료감을 태양전지에는 사이소프리판톨티타늄( $Ti(OC_3H_7)_4$ )을 전구체로 하여 고압 수열반응에 의하여 얻어진 아나타제(anatase) 구조의 산화티타늄이 주로 사용되어 왔으나, 아나타제와 유사한 결정구조 및 전도띠에너지(conduction band energy)를 갖는 루타일 산화티타늄은 염료감을 태양전지에 거의 응용되지 않고 있다. 이러한 첫번째 이유는 루타일 구조의 산화티타늄의 광전기화학적 활성화도가 낮을 것이라는 예상 때문이었다. 두 번째 이유는 염료감을 태양전지 경우 에너지 변환 효율을 향상시키기 위하여는 반도체 산화물의 비표면적을 증가시켜 많은 양의 염료분자를 흡착시켜야 하는데, 루타일은  $750^{\circ}\text{C}$  이상의 고온에서 안정한 상을 형성하기 때문에 고온에서 소결된 루타일은 입자 크기가 져 낮은 비표면적을 가지게 되고, 이로 인하여 염료분자의 흡착량을 저하시켜 높은 에너지 변환 효율을 기대하기 어렵다. 전술한 이유에 의해서 루타일 산화티타늄은 염료감을 태양전지의 전극재료로 사용되지 못하고 있었다.

그러나, 전술한 예상과 달리 루타일 산화티타늄은 아나타제 산화티타늄과 동일한 정방정계(tetragonal) 결정구조를 가지면서 유사한 전도띠에나 지를 가진다고 밝혀졌다. 따라서 루타일 산화티타늄은 염료감응 태양전지의 전극재료로 이용될 수 있다. 한편, 염료감응 태양전지에 루타일 산화티타늄을 전극으로 이용하기 위해서는 나노입자 루타일 산화티타늄 분말을 제조하고, 이를 400 °C 내지 500 °C 온도에서 열처리하여 10 μm 내지 12 μm 두께의 나노입자 후막필름을 형성하여야 하는데, 균열이 없는 나노입자 루타일 산화티타늄 후막 필름을 제조하기 어려워 루타일 산화티타늄을 염료감응 태양전지의 전극으로 활용하기에 아직 해결해야 할 과제가 남아있는 실정이다.

## 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 저온에서 소결 가능하여 소결 후 나노입자 크기를 유지하면서 균열이 없는 후막의 필름을 얻을 수 있는, 루타일 산화티타늄 슬러리를 이용한 나노입자 루타일 산화티타늄 필름 형성 방법 및 영료감응 나노입자 루타일 산화티타늄 태양전지 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

제작 구성 및 편집

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 루타일 산화티타늄 분말을 마련하는 제1 단계: 상기 루타일 산화티타늄 분말을 증류수에 분산시켜 콜로이드 용액을 형성하는 제2 단계: 상기 콜로이드 용액에 에틸렌글리콜고분자(poly ethylene glycol) 및 산화에틸렌고분자(poly ethylene oxide)를 첨가하는 제3 단계: 상기 제3 단계에서 마련된 상기 콜로이드 용액을 교반시켜 루타일 산화티타늄 슬러리를 제조하는 제4 단계를 포함하는 루타일 산화티타늄 슬러리 제조 방법을 제공한다.

또한 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 전술한 방법으로 제조된 루타일 산화티타늄 슬러리를 이용하여 루타일 산화티타늄 막을 제조하는 방법에 있어서, 기판 상에 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 코팅하는 제1 단계: 상기 제1 단계가 완료된 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 건조시키는 제2 단계; 및 상기 제2 단계가 완료된 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 열처리하여 루타일 산화티타늄 막을 형성하는 제3 단계를 포함하는 루타일 산화티타늄 필름 형성 방법을 제공한다.

또한 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 전술한 방법으로 제조된 루타일 산화티타늄 슬러리를 이용하여 태양전지를 제조하는 방법에 있어서 전도성 투명 기판 상에 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 코팅하는 제1 단계: 상기 전도성 투명 기판 상에 코팅된 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 건조시키는 제2 단계; 상기 제2 단계가 완료된 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 열처리하여 루타일 산화티타늄 막을 형성하는 제3 단계: 상기 루타일 산화티타늄 막을 영료분자가 용해된 혼합용액에 험침시켜, 영료분자가 흡착된 루타일 산화티타늄 필름 전극을 형성하는 제4 단계: 그 상부에 대전극이 형성된 제2 유리기판을 마련하는 제5 단계: 상기 제2 유리기판 및 상기 대전극을 관통하는 구멍을 형성하는 제6 단계: 상기 대전극 및 상기 산화티타늄 필름 전극 사이에 열가소성 고분자 필름을 두고, 가열 암착 공정을 실시하여 상기 대전극 및 상기 산화티타늄 필름 전극을 접합시키는 제7 단계: 상기 구멍을 통하여 상기 대전극과 상기 산화티타늄 필름 전극 사이의 상기 열가소성 고분자 필름에 전해질을 주입하는 제8 단계; 및 상기 구멍 내에 열가소성 고분자를 매립하는 제9 단계를 포함하는 태양전지 제조 방법을 제공한다.

본 발명은 상온에서 얻어진 루타일 산화티타늄 분말을 두 가지 서로 다른 고분자 수용액에 재 분산시킨 슬러리를 이용하여 나노입자 크기를 유지하면서 균열이 없는  $10 \mu\text{m}$  내지  $12 \mu\text{m}$  두께의 루타일 산화티타늄 후막 필름을 형성하여 영료분자의 흡착량을 증가시킴으로써 루타일 산화티타늄 전극을 구비하는 영료감응 태양전지의 에너지 변환 효율을 향상시키는데 그 특징이 있다. 즉, 본 발명은 두 가지 서로 다른 고분자가 혼합된 수용액에 상온에서 제조된 나노입자 루타일 분말이 골고루 분산된 코팅용 슬러리를 제조하는 방법을 제시하고, 이를 이용하여 균열이 없는 후막의 나노입자 루타일 산화티타늄 필름을 제조하는 방법과, 이를 영료분자 흡착 지지 전극으로 응용하여 영료감응 나노입자 루타일 산화티타늄 태양전지를 제조하는 방법을 제공한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 나노입자 루타일 산화티타늄 후막 필름 제조 공정을 보이는 순서도이다.

도 2에 보이는 바와 같이 먼저,  $0^\circ\text{C}$ 에서 0.5 몰의 사염화티타늄( $\text{TiCl}_4$ ) 수용액을 제조하고(21), 상온에서 일주일간 가수분해하여 흰색의 루타일 산화티타늄 분말을 침전시킨다(22). 수용액 내에 침전된 분말을 회전식 강압 증발기(rotary evaporator)를 이용하여 회수한 뒤, 증류수에 재분산시키고 다시 회전식 강압 증발기로 물을 증발시켜 흰색의 루타일 산화티타늄 분말을 얻는다(23). 이어서, 루타일 산화티타늄 분말을 증류수에 분산시켜 15% 중량비를 갖는 콜로이드 용액을 제조하고(24), 초음파 분쇄기(ultrasonic homogenizer)로 10분간 처리한 후 자석젖개로 2일간 교반시킨다. 그 후, 평균분자량이 약 2,000인 에틸렌글리콜고분자(poly ethylene glycol)와 평균분자량이 약 100,000인 산화에틸렌고분자(poly ethylene oxide) 각각을 루타일 산화티타늄 중량에 대하여 15% 내지 25% 분량으로 콜로이드 용액에 첨가하고 자석젖개로 2일간 교반시켜 루타일 산화티타늄 코팅용 슬러리를 제조한다(25).

본 발명의 실시예에서 상기 에틸렌글리콜고분자는 알드리히(Aldrich)사 제품을 사용하고, 산화에틸렌고분자는 폴리사이언스(Polysciences)사 제품을 사용하였다. 한편, 에틸렌글리콜고분자를 과량 첨가할 경우 루타일 산화티타늄의 분산성은 좋아지나 필름 제조 과정에서 균열을 유발할 수 있으며, 산화에틸렌고분자를 과량 사용할 경우는 필름 제조시 균열은 억제되나 분산성이 저하된다. 따라서, 에틸렌글리콜고분자와 산화에틸렌고분자를 각각 적정량으로 첨가하여야 한다.

다음으로, 전술한 과정에 따라 준비된 루타일 산화티타늄 코팅용 슬러리를 불소(F)가 도핑된  $\text{SnO}_2$  투명 전도성 유리기판에 닥터 블레이드법 등으로 코팅한 후,  $100^\circ\text{C}$  온도로 유지된 전기오븐에서 10분간 건조시키고, 시간 지체 없이 전기로로 옮겨  $450^\circ\text{C}$  내지  $500^\circ\text{C}$ , 공기분위기 하에서 1시간 내지 2시간 열처리하여 루타일 산화티타늄 필름을 형성한다(26).

이와 같이 형성된 루타일 산화티타늄 필름의 두께를 텐코(Tencor)사에서 제조한 알파-스텝(alpha-step)으로 측정한 결과  $11 \pm 0.5 \mu\text{m}$  두께의 균열 없는 필름을 얻을 수 있었다.

도3a는 상온에서 사염화티타늄의 가수분해에 의하여 얻어진 루타일 산화티타늄 분말의 주사전자현미경 사진이고, 도3b는 전술한 과정에 따라  $500^\circ\text{C}$  온도에서 열처리하여 얻은 루타일 산화티타늄 필름의 주사현미경 사진이다. 도3a에 나타난 바와 같이 상온에서 가수분해에 의하여 얻어진 초기 침전물은 길이가  $5 \text{ nm}$  내지  $10 \text{ nm}$ 의 침상구조를 갖는 루타일 입자가 둉쳐져 구형처럼 보이는 클라스터(cluster) 형태이고, 반면  $500^\circ\text{C}$ 에서 열처리한 후의 필름은 도3b에 보이는 바와 같이 루타일 산화티타늄 입자가 필름 전체에 균일하게 분포되어 있으며, 입자의 크기는 단축의 길이가  $20 \text{ nm}$ 이고 장축의 길이가  $80 \text{ nm}$ 인 긴 타원형의 모양을 가지고 있다.

이하, 전술한 루타일 산화티타늄 슬러리를 이용한 태양전지 제조 방법을 설명한다.

먼저, 도4a에 도시한 바와 같이 제1 유리기판(40A) 상에 불소(F)가 도핑된  $\text{SnO}_2$  투명전도층(41)을 루타일 산화티타늄 코팅을 위한 기판으로 사용한다.

이어서, 도4b에 도시한 바와 같이 상기  $\text{SnO}_2$  투명전도층(41) 상에 전술한 과정에 따라 제조된 루타일 산화티타늄 코팅용 슬러리를 닥터 블레이드법 등으로 코팅하고,  $100^\circ\text{C}$  온도로 유지된 전기오븐에서 10분간 건조시키고, 시간 지체 없이 전기로로 옮겨  $500^\circ\text{C}$ , 공기분위기 하에서 1시간 열처리하여  $11 \pm 0.5 \mu\text{m}$  두께의 루타일 산화티타늄 필름(42)을 형성한다.

이어서, 루테늄계 영료분자 예를 들어 3~10~4M의 Ru(LL')(NCS)<sub>2</sub> ( $L = 2,2'$ -bypyridyl-4,4'-dicarboxylic acid,  $L' = 2,2'$ -bipyridyl-4,4'-ditetra-*t*butylammoniumcarboxylate) 구조식을 갖는 영료분자가 용해된 50:50 부피 비의 터셔리부틸알콜(*t*-BuOH)/아세토니트릴( $\text{CH}_3$

(CN) 혼합 용액

에, 상기 루타일 산화티타늄 필름(42)을 24시간 향침시켜, 도4c에 도시한 바와 같이 염료분자(43)가 흡착된 루타일 산화티타늄 필름 전극을 형성한다.

그리고, 도 4d에 보이는 바와 같이 제2 유리기판(40B) 표면에 기 형성된 40 nm 두께의 티타늄막(44) 상에 전자빔 증착 기법에 의해 60 nm 두께로 입혀진 플라티늄층을 대전극(counter electrode, 45)으로 사용한다.

다음으로 도 4e에 도시한 바와 같이, 0.75 mm 직경의 드릴을 이용하여 제2 유리기판(40B), 티타늄막(44) 및 플라티늄 대전극(45)을 관통하는 두개의 작은 구멍(H)을 만들어둔다.

이어서, 도 4f에 도시한 바와 같이 염료분자가 흡착된 루타일 산화티타늄 필름 전극과 플라티늄 대전극 사이(45)에 25 μm 두께의 열가소성 고분자 필름(surlyn, Dupont 1702)(46)을 두고 120 °C 온도에서 압착시킴으로써 두 전극을 접합시키고, 두 전극간의 접합 후 플라티늄 대전극에 만 들어진 구멍(H)을 통하여 모세관 현상에 따라 산화-환원 전해질(도시하지 않음)이 주입되도록 하고, 현미경용 박형 유리와 두 전극을 접합 시킬 때 사용한 동일한 열가소성 고분자를 이용하여 상기 구멍을 막는다

본 발명의 실시예에서 사용한 산화-환원 전해질은 두 가지 종류로서, 0.8 M의 1,2-디메틸-3-헥실 이미다조리움 아이오다이드(1,2-dimethyl-3-hexyl imidazolium iodide)와 40 mM의 I<sub>2</sub>를 아세토니트릴에 용해시킨 것 또는 0.8 M의 LiI 와 40 mM의 I<sub>2</sub> 를 아세토니트릴에 용해시킨 것을 사용한다.

도 5는 전술한 공정에 따라 제조된 염료감응 루타일 산화티타늄 태양전지의 AM 1.5 조건(100 mW/cm<sup>2</sup>)에서 측정한 전류-전압 곡선이다. 광원으로는 1000 W 황 램프를 사용하였으며, KG-5 필터(Schott Optical Compnay사 제조)를 갖는 실리콘 태양전지를 이용하여 AM 1.5 조건으로 빛의 세기를 조절하였다. 0.8 M의 1,2-디메틸-3-헥실 이미다조리움 아이오다이드(1,2-dimethyl-3-hexyl imidazolium iodide)와 40 mM의 I<sub>2</sub> 조성을 갖는 산화-환원 전해질을 사용할 경우 염료감응 루타일 산화티타늄 태양전지는 10.7 mA/cm<sup>2</sup> 의 전류밀도, 730 mV 의 전압, 그리고 0.72 의 충밀도(fill factor) 특성을 보였으며, 0.8 M의 LiI 와 40 mM의 I<sub>2</sub> 조성을 갖는 전해질을 사용할 경우 13.4 mA/cm<sup>2</sup> 의 전류밀도, 470 mV 의 전압 및 0.54의 충밀도 특성을 보였다. 전해질 속의 작은 양이온 반경을 가진 이온종이 존재할 경우 전류 특성은 향상되었지만 전압과 충밀도의 저하가 관찰되었으며, 전해질 내에 큰 이온반경의 양이온종이 존재할 경우 전류밀도는 크게 저하되지 않으면서 높은 전압과 향상된 충밀도 특성을 가짐을 알 수 있다. 에너지 변환 효율식(효율 (%)) = [전류 전압 충밀도]/[입력전원]에 의해 1,2-디메틸-3-헥실 이미다조리움 아이오다이드(1,2-dimethyl-3-hexyl imidazolium iodide)와 I<sub>2</sub> 조성을 갖는 산화-환원 전해질로 이루어진 염료감응 루타일 산화티타늄 태양전지는 5.6%의 효율을 보였다.

이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

### 발명의 효과

상기와 같이 이루어지는 본 발명에 따른 나노입자 루타일 산화티타늄 필름 제조 공정은 종래의 고가의 원료물질과 수열 합성법에 의해 제조되는 아나타제 산화티타늄의 제조공정에 비해 비용이 절감되므로 염료감응 태양전지의 제조단가를 낮출 수 있는 효과가 있다.

또한, 상온에서 사염화티타늄의 가수분해에 의하여 얻어진 루타일 구조의 산화티타늄을 전구체로 하여 저온에서 균열이 없는 후막의 나노입자 루타일 산화티타늄 필름이 제조 가능하며, 이를 염료감응 태양전지에 응용할 경우 염료의 흡착량을 증가시켜 높은 에너지 변환 효율을 얻을 수 있다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

루타일 산화티타늄 슬러리 제조 방법에 있어서,

루타일 산화티타늄 분말을 마련하는 제1 단계;

상기 루타일 산화티타늄 분말을 종류수에 분산시켜 콜로이드 용액을 형성하는 제2 단계;

상기 콜로이드 용액에 에틸렌글리콜고분자(poly ethylene glycol) 및 산화에틸렌고분자(poly ethylene oxide)를 첨가하는 제3 단계;

상기 제3 단계에서 마련된 상기 콜로이드 용액을 교반시켜 루타일 산화티타늄 슬러리를 제조하는 제4 단계

를 포함하는 루타일 산화티타늄 슬러리 제조 방법.

#### 청구항 2.

Ⅰ 1 항에 있어서,

상기 제3 단계에서,

상기 루타일 산화티타늄의 종량에 대하여 상기 에틸렌글리콜고분자와 산화에틸렌고분자 각각을 15% 내지 25%로 콜로이드 용액에 첨가하는 것을 특징으로 하는 루타일 산화티타늄 슬러리 제조 방법.

#### 청구항 3.

Ⅱ 1 항에 있어서,

상기 제1 단계는,

사염화티타늄( $TiCl_4$ ) 수용액을 가수분해하여 상기 사염화티타늄 수용액 내에 루타일 산화티타늄 분말을 침전시키는 단계;

상기 사염화티타늄 수용액과 상기 루타일 산화티타늄 분말을 분리하여 루타일 산화티타늄 분말을 얻는 단계; 및

상기 루타일 산화티타늄 분말을 증류수에 재분산시킨 후, 상기 증류수와 상기 루타일 산화티타늄 분말을 분리시켜 상기 루타일 산화티타늄 분말을 마련하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 루타일 산화티타늄 슬러리 제조 방법.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 제2 단계 후,

상기 콜로이드 용액을 초음파 분쇄기로 처리하는 단계; 및

상기 콜로이드 용액을 자석젖개로 교반시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 루타일 산화티타늄 슬러리 제조 방법.

청구항 5.

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항의 방법으로 제조된 루타일 산화티타늄 슬러리를 이용하여 루타일 산화티타늄 막을 제조하는 방법에 있어서,

기판 상에 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 코팅하는 제1 단계;

상기 제1 단계가 완료된 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 건조시키는 제2 단계; 및

상기 제2 단계가 완료된 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 열처리하여 루타일 산화티타늄 막을 형성하는 제3 단계

를 포함하는 루타일 산화티타늄 필름 형성 방법.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 제3 단계에서,

450 °C 내지 500 °C 온도에서 1시간 내지 2시간 동안 열처리를 실시하는 것을 특징으로 하는 루타일 산화티타늄 필름 형성 방법.

청구항 7.

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항의 방법으로 제조된 루타일 산화티타늄 슬러리를 이용하여 태양전지를 제조하는 방법에 있어서,

전도성 투명 기판 상에 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 코팅하는 제1 단계;

상기 전도성 투명 기판 상에 코팅된 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 건조시키는 제2 단계;

상기 제2 단계가 완료된 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 열처리하여 루타일 산화티타늄 막을 형성하는 제3 단계;

상기 루타일 산화티타늄 막을 염료분자가 용해된 혼합용액에 험침시켜, 염료분자가 흡착된 루타일 산화티타늄 필름 전극을 형성하는 제4 단계;

그 상부에 대전극이 형성된 제2 유리기판을 마련하는 제5 단계;

상기 제2 유리기판 및 상기 대전극을 관통하는 구멍을 형성하는 제6 단계;

상기 대전극 및 상기 산화티타늄 필름전극 사이에 열가소성 고분자 필름을 두고, 가열 압착 공정을 실시하여 상기 대전극 및 상기 산화티타늄 틸전극을 접합시키는 제7 단계;

상기 구멍을 통하여 상기 대전극과 상기 산화티타늄 필름 전극 사이의 상기 열가소성 고분자 필름에 전해질을 주입하는 제8 단계; 및

상기 구멍 내에 열가소성 고분자를 매립하는 제9 단계

를 포함하는 태양전지 제조 방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 제1 단계에서,

$NO_2$  투명전도층 상에 상기 루타일 산화티타늄 슬러리를 닥터 블레이드법으로 코팅하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

청구항 9.

제 7 항에 있어서,

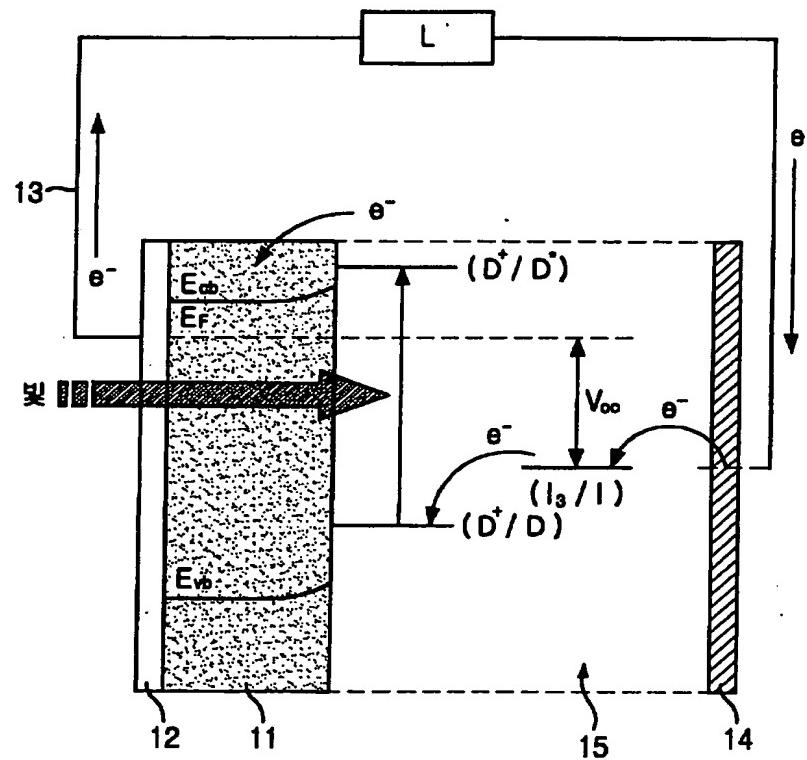
상기 제8 단계에서,

0.8 M의 1,2-디메틸-3-헥실 이미다조리움 아이어다이드(1,2-dimethyl-3-hexyl imidazolium iodide)와 40 mM의 I<sub>2</sub>를 아세토니트릴에 용해시킨 전해질 또는,

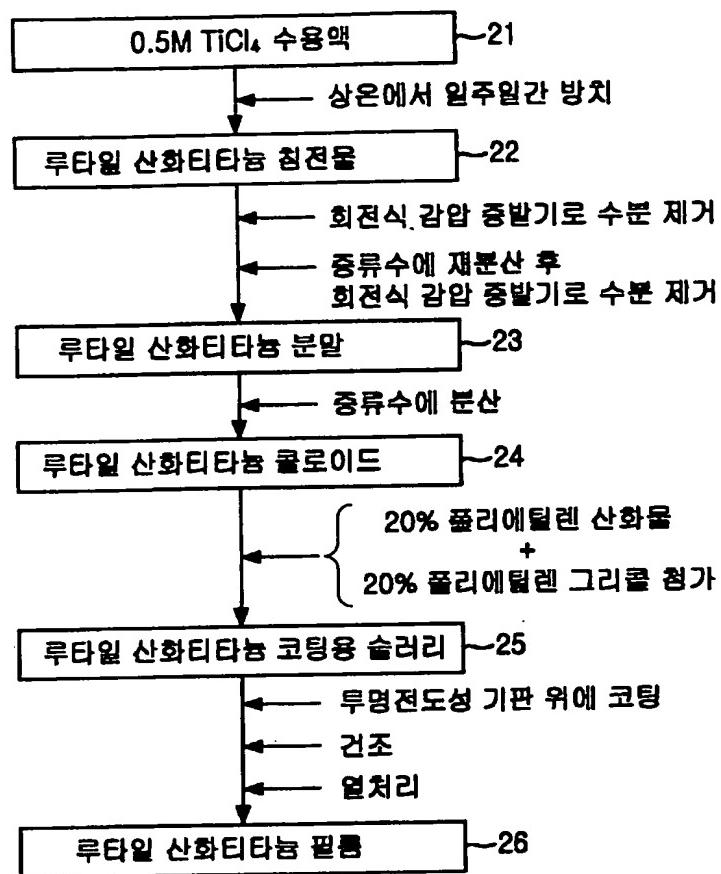
0.8 M의 LiI와 40 mM의 I<sub>2</sub>를 아세토니트릴에 용해시킨 전해질을 주입하는 것을 특징으로 하는 태양전지 제조 방법.

도면

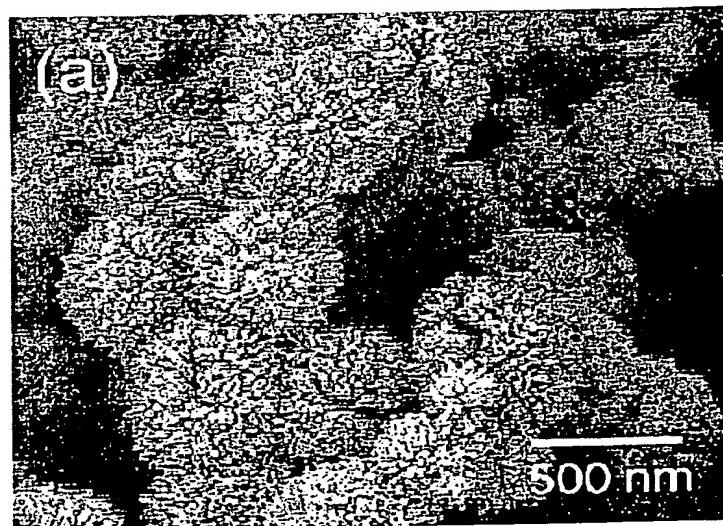
도면 1



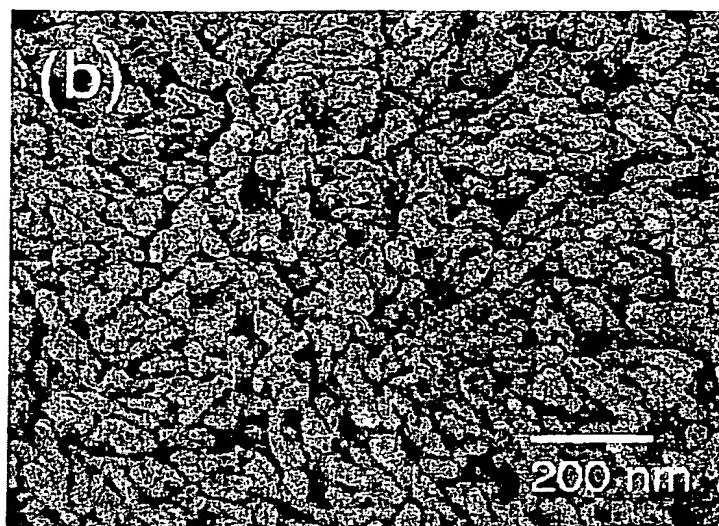
도면 2



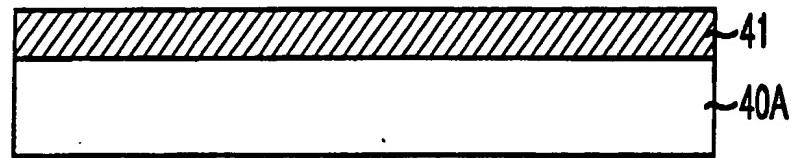
도면 3a



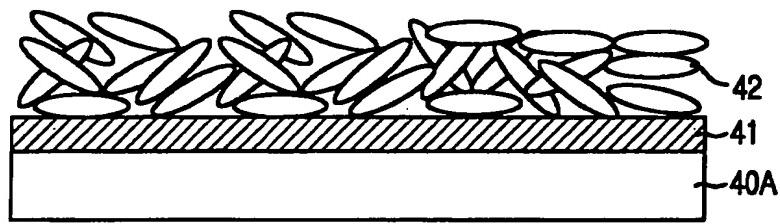
도면 3b



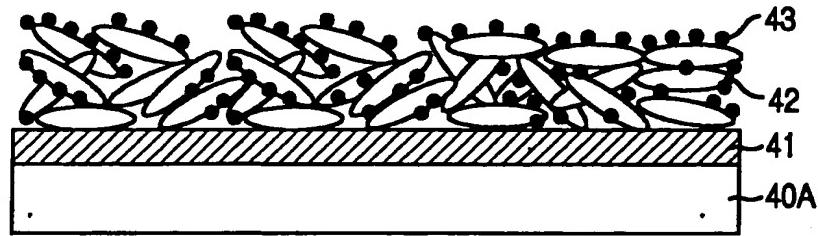
도면 4a



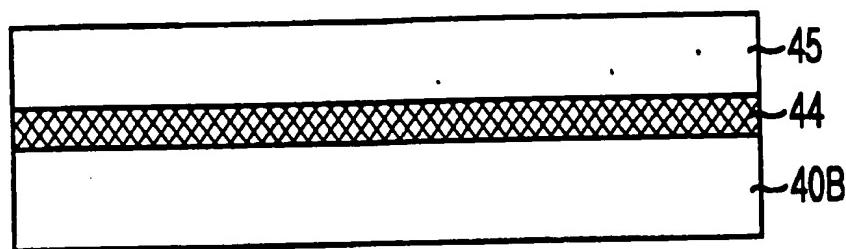
도면 4b



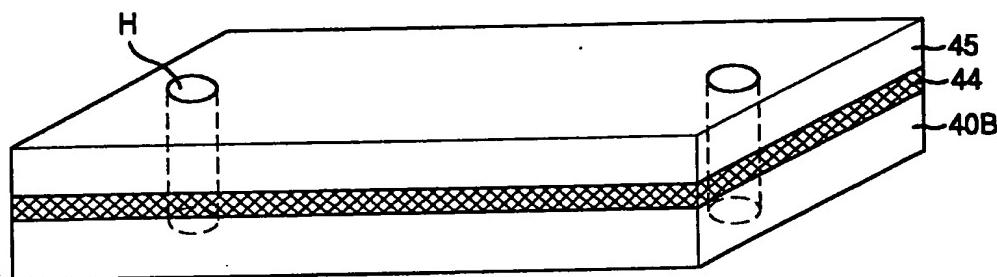
도면 4c



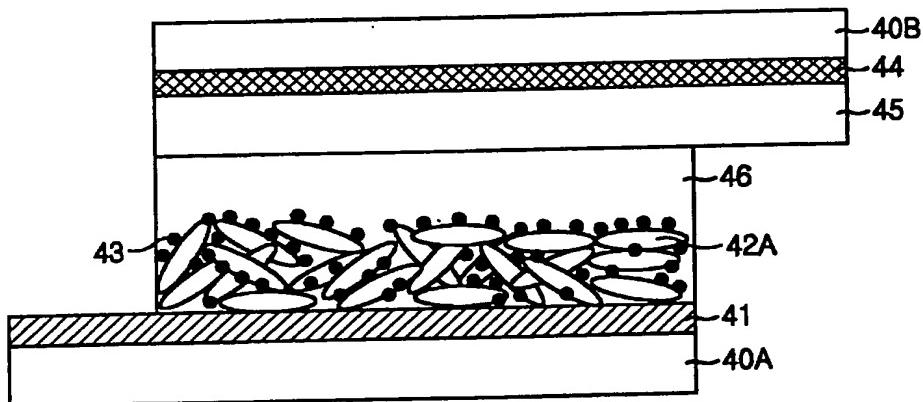
도면 4d



도면 4e



도면 4f



도면 5

